

令和 5 年 5 月 17 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02198

研究課題名(和文) 超高伝送密度光インターネットの実現に向けたフォトニック結晶光導波路の研究開発

研究課題名(英文) A phonic crystal waveguide for optical interconnects with ultra-high transmission capacity density

研究代表者

近藤 正彦 (Kondow, Masahiko)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90403170

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：研究代表者達は、究極の光モジュールを作製して、そこから極短距離光インターコネクต์へ展開しようとしている。

本研究では、シミュレーションに基づいて、光導波路の帯域を従来の凡そ2倍に拡大できる直交格子フォトニック結晶導波路(OLW(Orthogonal Lattice photonic crystal Waveguide))と呼ぶ新しい光導波路を提案した。また、新光導波路OLWを有するフォトニック結晶レーザのプロセス技術を確立し、実際にレーザを試作してOLWの帯域が設計値どおりであることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人類にとってインターネットは、もはや生活に欠かすことができないインフラである。クラウド・コンピューティングの実態であるデータセンタでは、サーバー間でのインターコネクต์により、トラフィックが発生する。トラフィックの増加により、年々光インターコネクットの比重が増している。光は高速で無限の可能性を有するイメージを与えるが、その光インターコネクットが、物理限界に近づいている。本研究では、現状のフォトニクス技術の延長とは全く異なる革新的な2次元フォトニック結晶を用いた極微小半導体レーザの研究・開発に取り組む。

研究成果の概要(英文)： We have proposed and developed Circular Defect in 2 dimensional photonic crystal (CirD) lasers to construct a compact optical module with a wavelength division multiplexing (WDM) function for the applications of very short distance optical interconnects with ultra-high transmission capacity density.

In this work, we theoretically investigated a photonic crystal waveguide. We call it an orthogonal lattice waveguide (OLW). It may have a communication wavelength bandwidth of about 20 nm that is about twice of that for the conventional photonic crystal waveguide. We fabricated CirD lasers with different cavity radii and with a common OLW. Thus, we confirmed that the light emitted from the OLW is the light generated in the cavity and that OLW has a wavelength bandwidth of about 20 nm, which agrees well with the results of our simulations.

研究分野：工学

キーワード：光インターコネクット フォトニック結晶レーザ

1. 研究開始当初の背景

人類にとってインターネットは、もはや生活に欠かすことができない。インターネット上を流通する情報(トラフィック)が、年々増加していることは誰もが実感している。増加の原因を、ユーザーがトラフィックを大量に使用するためと考えるなら、事実と大きく異なる。ユーザーが直接使用しているのは僅か 20%弱で、80%強がデータセンタでの通信である。特に、同一データセンタ内での通信が全体の 3/4 以上を占めている。IoT やクラウド・コンピューティングが原因である。クラウドの実態であるデータセンタでは、サーバー間でのインターコネクトにより、トラフィックが発生する。信号処理や情報保存は、電子機器のサーバーが担う。データセンタでは、多数のサーバーがラックに収まり、そのラックが無数にある。いくら高性能なサーバーでも、インターコネクトが無ければ、インターネットは実現できない。インターコネクトでは、必要な伝送容量を達成することが重要であり、大容量な光インターコネクトの比重が年々増している。光は高速で無限の可能性を有するイメージを与えるが、その光インターコネクトが、物理的限界に近づいている。つまり、今日の快適な ICT 社会は、実は崖っぷちにある。フォトリソ産業の主戦場である光インターコネクトでは、コスト、サイズ、消費エネルギーと言う巨大な壁(課題)が目前に立ちはだかっている。

データセンタでは、インターコネクトに Ethernet が用いられている。光インターコネクトは、1G (ギガ) Ether 以降で使用されている。しかし、2002 年に 10G Ether の規格が決まった後は、進展が殆どない。送信源のレーザダイオード(LD)の動作速度が物理限界に達したからである。社会・産業ニーズに応えるために、2010 年に 100G Ether の規格が決まった。光源の速度を 25 Gbps に上げて、4 チャンネルの波長多重で 100 Gbps に対応する。しかし、その技術開発は困難を極めた。2020 年直前になってようやく市場に出てきた。次の規格としては、1T (テラ) Ether ではなくて、400G Ether が検討されている。

研究代表者は、革新的・独創的なブレークスルーとなる 2 次元フォトニック結晶(PhC)を用いた究極の光モジュールを作製し、そこから光インターコネクトへ展開することを目指している。

図 1 に、提案開発する縦方向電流注入型 PhC-LD の構造図を示す。垂直方向の p-i-n ヘテロ構造によって構成されている。最上層から順に、p-GaAs コンタクト層、p-AlGaAs / AlO_x クラッド層、GaAs コア層、n-AlGaAs / AlO_x クラッド層、n-GaAs 基板となる。AlO_x クラッド層は PhC の空孔を通して AlGaAs を選択的に酸化することによって作製する。共振器中心部分の AlGaAs は未酸化のまま伝導性が維持されるので電流注入ファネルとして機能する。本 LD は、GaAs 系材料を用いるので、レーザの利得媒質として GaAs コア層内に埋め込まれる InAs 量子ドットを利用する。1.3 μm の波長帯でレーザ動作する。この波長帯は、Si に対して透明であり、シリコン・フォトリソと親和性が高い。

PhC 中に形成される円形欠陥 (CirD: Circular Defect in 2D photonic crystal)をレーザ共振器とし、共振器内にある円板状の活性層に電子と正孔を注入すると Q 値が高い、つまり発光確率が高い whispering gallery mode(WGM)でレーザ発振する。CirD 共振器の直径は約 2 μm である。共振器は 18 個の空孔で囲まれているので、9 波長の光のみが安定に存在する。つまり単一モードレーザを実現できる。レーザ波長は、共振器の円周長、従って共振器の直径 R を変えることで、ある程度の範囲で任意に設計できる。シミュレーションおよび実

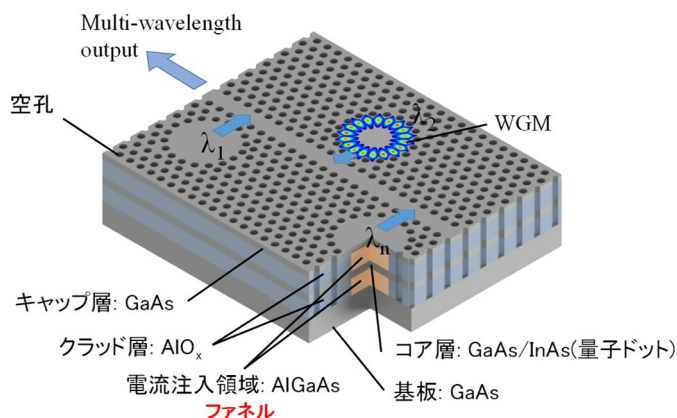


図 1 本研究で提案開発する縦方向電流注入型 2 次元 PhC-LD の構造図

験結果から、レーザ波長を $1.3\mu\text{m}$ 帯で 20nm 程度変化させることができることが判っている。この波長幅は、活性層の光利得波長幅とほぼ一致する。

2. 研究の目的

研究代表者が提案する光モジュールの概念図を、図 2 に示す。モジュールのサイズは、目標値の $100\mu\text{m}$ 角である。初めに、出射光側の LD アレイについて説明する。幅約 $0.6\mu\text{m}$ の光導波路を 1 本作製する。この光導波路の直近に CirD 共振器を配置する。共振器のサイズは直径 $2\mu\text{m}$ とモジュールサイズの $100\mu\text{m}$ 角に比べて十分に小さい。CirD は極微小共振器なので 50Gbps で直接変調でき、 20 個の共振器を作製して波長多重すれば、 1Tbps の伝送容量を達成できる。各 CirD 共振器の直上に電流駆動のため数 μm 角の電極（図 2 の橙色の小さい矩形）を形成して、出射光側の LD モジュールを完成させる。入力光側に関しても、同じ原理でフォト・ダイオード (PD) モジュールを作製できる。提案モジュールは、プレーナ構造であるので、フリップチップ実装で電子機器の電気配線と接続できる。極めて単純な構造である。また、極微小の CirD-LD を直接変調することで高速変調を可能としているため、極省エネルギー動作が実現される。

研究代表者と研究分担者は、これまでに、上記 LD モジュールの実現性を実証してきた。その中で分かったことは、意外にも他の報告例からして簡単であろうと当初考えていた入出力各 1 本の光導波路がボトルネックになることであった。

本研究の目的は、光導波路のボトルネック問題を解消することである。従来の PhC 光導波路の帯域は凡そ 10nm であり、活性層の光利得波長幅より狭くて不十分であった。本研究では、狭い帯域の原因を原理から議論を重ねてつきとめることにより、ボトルネックを解消する。具体的には、シミュレーションに基づいて、光導波路の帯域を凡そ 2 倍の 20nm に拡大できる新しい光導波路を提案する。また、新構造光導波路を有するフォトニック結晶レーザのプロセス技術を確立して、実際にレーザを試作して光導波路の帯域が設計値どおりであることを確認する。

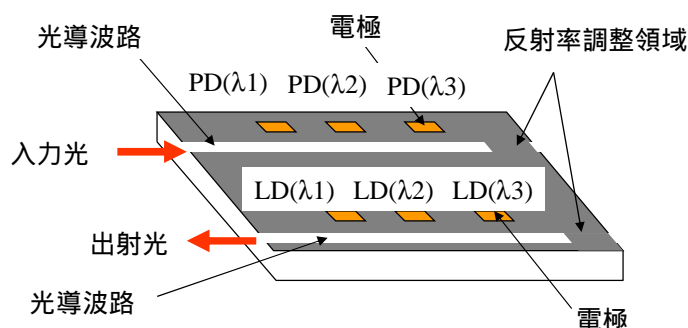


図 2 案光モジュールの概念図

3. 研究の方法

本研究では、光導波路の具体的構図を考案し、シミュレーションにより特性を予測する。考案された光導波路を有する CirD-LD の作製プロセス技術が開発可能か否かを試作により検討して、光導波路の考案にフィードバックする。最終的に、作製可能な新光導波路を提案し、提案光導波路を有するフォトニック結晶レーザのプロセス技術を確立する。また、実際にレーザを試作して光導波路の帯域を確認する。

4. 研究成果

2 次元フォトニック結晶中で、線状欠陥が光導波路として機能するためには、線状欠陥部分の周期性が周辺部分と異なる必要がある。従来の PhC 光導波路は、W1 型と呼ばれ、導波路部分の空孔が形成されない。(図 4 左図を参照)

帯域を拡大させるために、最初に図3に示すスロット導波路を検討した。光導波路幅を約3倍に広めて、その中央に周期性を持たない直線状の溝(スロット)を入れる。スロット光導波路自体は、以前から研究されているものであるが、それらはスロットの中に光を閉じ込めるものであった。図3の導波路の場合、光導波路幅が広いのでスロット外に光を閉じ込める(光が存在し、導波する)。従来例とは設計思想が異なる。シミュレーションによると、光導波路の帯域を30 nm程度まで広げることが可能であった。しかし、実際にこの構造をドライエッチングで作製するのは困難であった。ドライエッチングでは、ラグ効果により大きなパターンは、小さなパターンより深くエッチングされる。深さが異なるとエッチング断面の形状が変わるので、シミュレーションで用いた光導波路の構造を実現するのが困難であった。

スロット導波路の検討から、線状欠陥部に形成されるパターンは、周辺部分と同じ空孔が最良であることが判った。

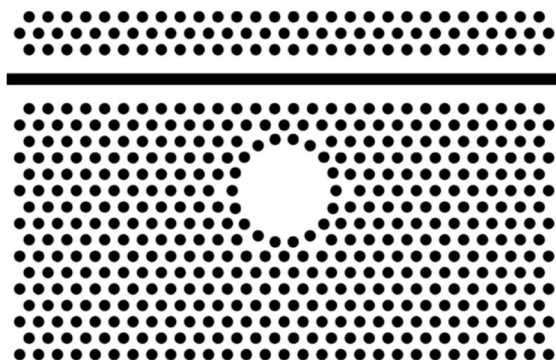


図3 スロット導波路
黒色部分をドライエッチングで掘る

導波路部分の周辺部分と同じ空孔を用いて、尚且つ、導波路部分の周期性を周辺部分と異なるために、直交格子導波路(OLW: Orthogonal Lattice photonic crystal Waveguide)を考案した。図4右図に、その構造を示す。導波路中央の空孔列を横方向に半周期ずらして直交格子を形成する。シミュレーションによると、光導波路の帯域が約20 nm程度まで広がる。共振器と導波路で光結合を生じさせるには、エネルギー(規格化周波数)帯域を一致させなければならない。その為に、導波路構造に何か構造パラメータを導入させる必要がある。OLWと類似の導波路構造は過去にも報告されている。そこでは、導波路中央の空孔列の大きさが構造パラメータとされていた。本研究では、導波路中央の空孔列の大きさは、導波路周辺部分の空孔と同じでなければならないという制約がある。そこで、図3に示したスロット導波路からの類推により、導波路の幅を構造パラメータとした。

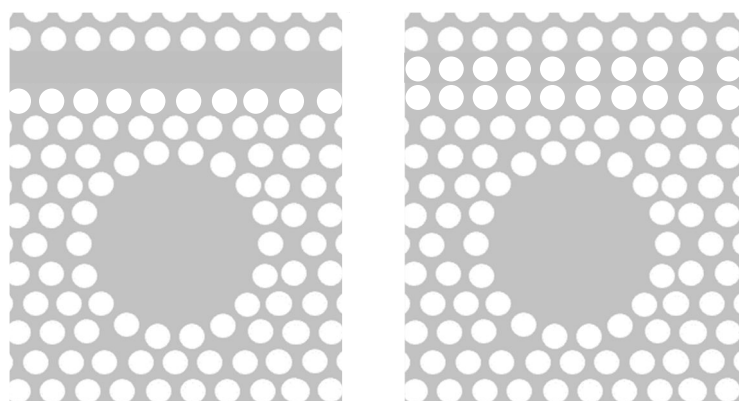


図4 W1型導波路(左図)および直交格子導波路(OLW)(右図)
白色部分をドライエッチングで掘る

図5に、作製プロセスを最適化した後に作製した試料の電子顕微鏡写真を示す。設計通りに作製できることが判った。

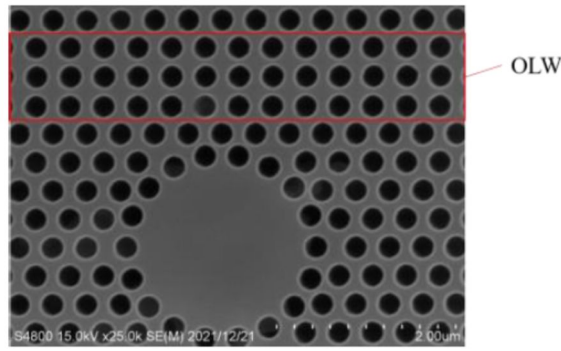


図5 作製した試料の電子顕微鏡写真
空孔の直径が約 300 nm

図6に、OLW 端部から出射された CirD レーザ光のスペクトルを示す。1.3 μm の波長帯において WGM でレーザ発振しており、OLW を導波されたことが判った。

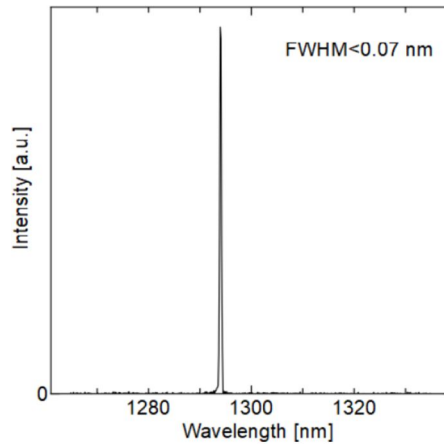


図6に、OLW端部から出射されたCirDレーザ光のスペクトル

図7に、OLW 端部から出射された CirD レーザ光の発振波長と CirD 共振器の直径 R との関係を示す。実験結果は、OLW の帯域は、CirD 共振器のレーザ波長範囲と少なくとも同程度以上であることを示している。これは、シミュレーション結果と整合している。

以上より、本研究の目的を達成できたと言える。

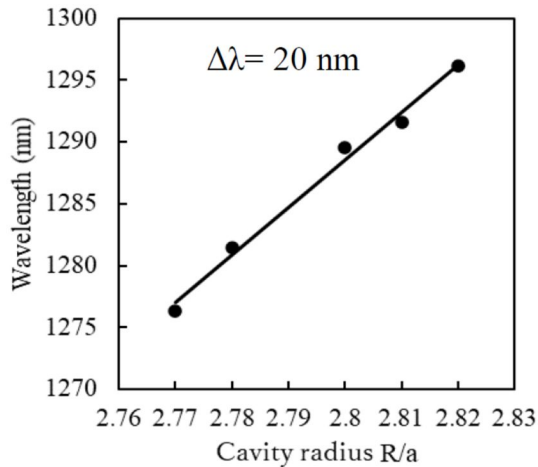


図7 OLW端部から出射されたCirDレーザ光の発振波長とCirD共振器の直径 R との関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Xiong Yifan, Tani Yoshiki, Cong Xiaolong, Morifuji Masato, Kajii Hirotake, Maruta Akihiro, Kondow Masahiko	4. 巻 59
2. 論文標題 Selective dry etching of GaAs/AlO _x for realizing electrical isolation on monolithic integrated photonic crystal laser array	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 086505 ~ 086505
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/aba6fc	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ye Hanqiao, Saeki Ryota, Xiong Yifan, Kogure Takashi, Morifuji Masato, Kajii Hirotake, Maruta Akihiro, Kondow Masahiko	4. 巻 10
2. 論文標題 Oblique Deposition of Ti/Pt/Au Electrode on Photonic Crystal for Vertical Current Injection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 8377 ~ 8377
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app10238377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Okunaga Takumi, Nozue Tatsuhiro, Xiong Yifan, Kajii Hirotake, Morifuji Masato, Tatebayashi Jun, Fujiwara Yasufumi, Nishihashi Tsutomu, Kondow Masahiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluations of Selective Dry Etching of GaAs Core Layer having Embedded InAs Quantum Dots Using Optical Measurements towards Photonic Crystal Laser Fabrication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 27th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD 2020)	6. 最初と最後の頁 - ~ -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.23919/am-fpd49417.2020.9224508	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ye Hanqiao, Nishimura Tomoya, Xiong Yifan, Yamaguchi Takuya, Morifuji Masato, Kajii Hirotake, Kondow Masahiko	4. 巻 218
2. 論文標題 Theoretical Analysis on Operation Speed of the Circular Defect in 2D Photonic Crystal (CirD) Laser	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physica Status Solidi (a)	6. 最初と最後の頁 2000411 ~ 2000411
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/pssa.202000411	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamaguchi Takuya, Morifuji Masato, Kajii Hirotake, Kondow Masahiko	4. 巻 43
2. 論文標題 Theoretical investigation on communication bandwidth of an orthogonal symmetry-based photonic crystal waveguide for wavelength division multiplexing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Photonics and Nanostructures - Fundamentals and Applications	6. 最初と最後の頁 100892 ~ 100892
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.photonics.2020.100892	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yifan Xiong, Hanqiao Ye, Takuma Umeda, Shun Mizoguchi, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, Akihiro Maruta and Masahiko Kondow	4. 巻 6
2. 論文標題 Photonic Crystal Circular Defect (CirD) Laser	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Photonics	6. 最初と最後の頁 54 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/photonics6020054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zuo Rubing, Hirata Shotaro, Aomori Shota, Morita Masaya, Ye Hanqiao, Kajii Hirotake, Morifuji Masato, Maruta Akihiro, Kondow Masahiko	4. 巻 62
2. 論文標題 Investigating wavelength bandwidth of orthogonal lattice waveguide for circular defect in two-dimensional photonic crystal (CirD) lasers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 022002 ~ 022002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acb57d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Adachi Yuki, Xiong Yifan, Ye Hanqiao, Zuo Rubing, Morita Masaya, Kaichi Kenta, Kinoshita Ryosei, Morifuji Masato, Maruta Akihiro, Kajii Hirotake, Kondow Masahiko	4. 巻 20
2. 論文標題 Advanced dry etching of GaAs/AlGaAs multilayer wafer with InAs quantum dot for circular defect in photonic crystal laser	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 2023054 ~ 2023054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.20.20230054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計42件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 T. Okunaga, T. Nozue, Y. Xiong, H. Kajii, M. Morifuji, J. Tatebayashi, Y. Fujiwara, T. Nishihashi, M. Kondow
2. 発表標題 Evaluations of Selective Dry Etching of GaAs Core Layer Having Embedded InAs Quantum Dots Using Optical Measurements towards Photonic Crystal Laser Fabrication
3. 学会等名 27th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小暮 崇史 熊 一帆 森藤 正人 梶井 博武 近藤 正彦
2. 発表標題 フォトリソ結晶円形欠陥レーザ構造への電流注入に関する研究
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樋口拓也 熊 一帆 山口拓也 森藤正人 梶井博武 近藤正彦
2. 発表標題 波長多重通信デバイス作製に向けたフォトリソ結晶直交格子導波路に関する研究
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 羽倉 孝太郎、山口 拓也、森藤 正人、梶井 博武、近藤 正彦
2. 発表標題 メサ型導波路を用いたフォトリソ結晶レーザ構造からの光取り出し効率向上に関する研究
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青盛 翔太、樋口 拓也、森藤 正人、梶井 博武、近藤 正彦
2. 発表標題 ドライエッチングによるメサ型導波路を有するフォトニック結晶レーザ構造作製の検討
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hanqiao Ye, Tomoya Nishimura, Takuya Yamaguchi, Yifan Xiong, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, and Masahiko Kondow
2. 発表標題 High Speed Characteristics Analysis of Circular Defect In Photonic Crystal (CirD) Laser
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2021 (CSW-2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Kondow, Yifan Xiong, Hanqiao Ye, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, and Akihiro Maruta
2. 発表標題 Circular Defect in Photonic Crystal (CirD) Laser for Intra-chip Optical Interconnects
3. 学会等名 European Lasers, Photonics and Optics Technologies Summit (ELOS-2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮崎 駿輔, 左 如水, 葉 漢, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸田 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 円形欠陥共振器フォトニック結晶レーザ構造のオゾンクリーニングによる電気特性改善
3. 学会等名 第82回応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森田 雅也, 羽倉 孝太郎, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸田 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 円形欠陥共振器およびメサ型導波路を有するフォトニック結晶レーザの光学特性に関する研究
3. 学会等名 第82回応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Aomori, K. Kaichi, I. Sada, M. Morifuji, H. Kajii, A. Maruta, M. Kondow
2. 発表標題 Light Extraction Structure of CirD (Circular Defect in 2D photonic crystal) Laser
3. 学会等名 40th Electronic Materials Symposium (EMS-40)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐田 一生, 鷄内 健太, 青盛 翔太, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸田 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 半円型出力ポートを有するCirDレーザの光学特性に関する研究 ()
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鷄内 健太, 青盛 翔太, 佐田 一生, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸田 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 半円型出力ポートを有するCirDレーザの光学特性に関する研究 (II)
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東蒼馬, 森藤正人, 梶井博武, 丸田章博, 近藤正彦
2. 発表標題 フォトニック結晶円形CirD共振器と導波路の結合における出力方向性制御の研究
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 左 如水, 宮崎 駿輔, 木下 諒星, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸田 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 CirDレーザに向けたAlO _x 酸化幅の新評価方法
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuya Yamaguchi, Takahiro Horiba, Masato Morifuji, and Masahiko Kondow
2. 発表標題 Transmission Characteristics of a Novel Waveguide Structure for Wavelength Division Multiplexing
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kondow, T. Yamaguchi, Y. Xiong, T. Umeda, M. Morifuji, H. Kajii, and A. Maruta
2. 発表標題 CirD photonic crystal laser with high mesa waveguide for light output
3. 学会等名 2019 Collaborative Conference on Materials Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shun Mizoguchi, Yifan Xiong, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, Akihiro Maruta, and Masahiko Kondow
2. 発表標題 Fabrication of Circular Defect Photonic Crystal Laser by Dry Etching
3. 学会等名 Asia Pacific Society for Materials Research 2019 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanqiao Ye, Tomoya Nishimura, Takuya Yamaguchi, Yifan Xiong, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, Masahiko Kondow
2. 発表標題 High frequency characteristics analysis of photonic crystal circular defect laser
3. 学会等名 Asia Pacific Society for Materials Research 2019 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Kondow, Yifan Xiong, Hanqiao Ye, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, and Akihiro Maruta
2. 発表標題 Photonic Crystal Circular Defect (CirD) Laser for Intra-chip Optical Interconnections
3. 学会等名 International Conference on Advanced Nanotechnology and Nanomaterials 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 葉 漢橋, 西村智也, 熊 一帆, 山口拓也, 森藤正人, 梶井博武, 近藤正彦
2. 発表標題 フォトリソ結晶円形欠陥レーザの高速動作解析
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯亮太, 熊 一帆, 小暮崇史, 梶井博武, 近藤正彦
2. 発表標題 フォトリソ結晶円形欠陥レーザダイオード構造への電流注入に関する研究
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小暮崇史, 佐伯亮太, 叢 宵龍, 熊 一帆, 梶井博武, 近藤正彦
2. 発表標題 フォトリソ結晶円形欠陥レーザ作製を目指したpnヘテロ構造へのSiO ₂ 絶縁層形成の検討
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 溝口舜, 熊 一帆, 森藤正人, 梶井博武, 丸田章博, 近藤正彦
2. 発表標題 フォトリソ結晶円形欠陥レーザ構造のICPドライエッチングによる作製
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口拓也, 森藤正人, 梶井博武, 近藤正彦
2. 発表標題 直交格子フォトリソ結晶導波路の導波周波数と伝搬損失
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋口拓也, 熊 一帆, 山口拓也, 森藤正人, 梶井博武, 近藤正彦
2. 発表標題 波長多重通信に向けたフォトニック結晶における直交格子導波路の作製
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K.Hagura, T.Yamaguchi, Y.xiong, M. Morifuji, H.Kajii and M. Kondow
2. 発表標題 Fabrication of photonic crystal laser structure with output high-mesa waveguide
3. 学会等名 The 38th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Okunaga, Y. Xiong, M. Morifuji, H. Kajii and M. Kondow
2. 発表標題 Selective etching of GaAs core layer with embedded InAs quantum dot layer towards photonic crystal laser fabrication
3. 学会等名 The 38th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Xiong, Y. Tani, X. Cong, M. Morifuji, M. Uemukai, H. Kajii, A. Maruta and M. Kondow
2. 発表標題 Selective dry etching of GaAs/AlOx with photonic crystal structure for wavelength division multiplexing
3. 学会等名 The 38th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 羽倉孝太郎, 山口拓也, 中原啓祐, 梶井博武, 森藤正人, 近藤正彦
2. 発表標題 メサ型導波路を用いた, フォトニック結晶導波路からの光取り出し効率向上の試み
3. 学会等名 令和元年 電子関係学会関西連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaya Morita, Shotaro Hirata, Takuya Higuchi, Kenta Kaichi, Rubing Zuo, Hanqiao Ye, Hirotake Kajii, Masato Morifuji, Akihiro Maruta and Masahiro Kondow
2. 発表標題 Bandwidth Evaluation of Orthogonal Lattice Waveguide (OLW) for Circular Defect in Photonic Crystal (CirD) Lasers
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim (CLEO-PR 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hanqiao Ye, Yifan Xiong, Rubing Zuo, Masaya Morita, Kenta Kaichi, Akihiro Maruta,
2. 発表標題 Advanced Dry Etching of GaAs/AlGaAs Multilayer Wafer for Circular Defect in Photonic Crystal (CirD) Laser
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim (CLEO-PR 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Rubing Zuo, Shunsuke Miyazaki, Ryosei Kinoshita, Hanqiao Ye, Masaya Morita, Kenta Kaichi, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, Akihiro Maruta and Masahiko Kondow
2. 発表標題 Characteristics of Photonic Crystal Laser With Low Q-factor Suitable for High-speed Operation
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim (CLEO-PR 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hanqiao Ye, Rubing Zuo, Kenta Kaichi, Yu Obikane, Akihiro maruta, Hirotake Kajii, Masato Morifuji, and Masahiko Kondow
2. 発表標題 Characteristics of Photonic Crystal Laser With Low Q-factor Suitable for High-speed Operation
3. 学会等名 The 28th International Semiconductor Laser Conference (ISLC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenta Kaichi, Shota Aomori, Issei Sada, Rubing Zuo, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, Akihiro Maruta, and Masahiko Kondow
2. 発表標題 Laser characteristics of Circular Defect in 2D photonic crystal (CirD) laser with semicircular output port
3. 学会等名 The 28th International Semiconductor Laser Conference (ISLC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐田 一生, 鷄内 健太, 青盛 翔太, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸太 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 有端直交格子導波路を有するCirDレーザの光学特性に関する理論的研究
3. 学会等名 第83回応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東 蒼馬, 森藤 正人, 博武 梶井, 章博 丸田, 近藤 正彦
2. 発表標題 CirD共振器と導波路の結合における出力方向性制御の理論的研究
3. 学会等名 第83回応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鶏内 健太, 青盛 翔太, 佐田 一生, 左 如水, 足立 雄紀, 木下 諒星, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸田 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 直交格子導波路を有する半円型出力ポート付CirDレーザーの光学特性に関する研究
3. 学会等名 第83回応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森田 雅也, 平田 翔太郎, 鶏内 健太, 左 如水, 木下 諒星, 足立 雄紀, 森藤 正人, 梶井 博武, 丸田 章博, 近藤 正彦
2. 発表標題 直交格子導波路をもつフォトニック結晶レーザーの波長帯域に関する実験的研究
3. 学会等名 第83回応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Issei Sada, Kenta Kaichi, Shota Aomori, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, Akihiro Maruta, and Masahiko Kondow
2. 発表標題 Theoretical Study on Optical Properties of CirD Lasers having Orthogonal Lattice waveguide with edge
3. 学会等名 Photonic Device Workshop 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Soma Higashi, Masato Morifuji, Hirotake Kajii, Akihiro Maruta, and Masahiko Kondow
2. 発表標題 Control of light output direction from a CirD (CircularDefect in 2D photonic crystal) cavity to a waveguide in photonic crystal
3. 学会等名 Photonic Device Workshop 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武藤 広高、鷄内 健太、足立 雄紀、佐田 一生、森藤 正人、梶井 博武、丸田 章博、近藤 正彦
2. 発表標題 新たな光出力導波路を有する CirD レーザの光学特性に関する研究
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 馬路 倫太郎、森田 雅也、森藤 正人、梶井 博武、丸田 章博、近藤 正彦
2. 発表標題 上下空気クラッド層の直交格子導波路をもつA10xクラッドCirDレーザに関する実験的研究
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 光集積回路および集積回路	発明者 近藤正彦、森藤正人、宮本雄次	権利者 大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-521232	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 光集積回路および集積回路	発明者 近藤正彦、森藤正人、宮本雄次	権利者 大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、07019220	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報通信工学専攻 量子情報エレクトロニクス部門 近藤研究室 http://www.e3.eei.eng.osaka-u.ac.jp/index.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	森藤 正人 (Morifuji Masato) (00230144)	大阪大学・工学研究科・招へい准教授 (14401)	
研究分担者	梶井 博武 (Kajii Hirotake) (00324814)	大阪大学・工学研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	丸田 章博 (Maruta Akihiro) (40252613)	大阪大学・工学研究科・教授 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関